

# ジェットポンプ式流動装置の攪拌混合・吸引性能の向上に関する実験的研究

呉工業高等専門学校専攻科 学生会員○小谷拓弥 呉工業高等専門学校 正会員 黒川岳司  
株式会社レールテック 正会員 松井和也

## 1. 序論

貯水池等において流動促進装置の導入は有効な水質浄化手法のひとつである。このうち、ジェットポンプ式流動装置は、水面付近の水を底層に送り、底層の水と混合させた後に装置より噴出させるので、その噴流の急激な上昇が抑えられ、効率的・長期的に水質を改善することができると思われる。

ジェットポンプ式流動装置の原理を図-1に示す。混合管内部に駆動水(流量 $Q_1$ 、流速 $v_1$ )を噴出することで駆動水が管壁に衝突して、攪拌混合し管内に負圧が生じる。これにより装置後方の水が水圧差により吸引(吸引水： $Q_2$ 、 $v_2$ )され、駆動水と吸引水が混合管内で混合された後、吐出水として装置前方に噴出される。したがって、この装置の流動性能、特に吸引性能は、いかに効率良く混合管内で負圧を生じさせるか、言い換えると、いかに効率良く駆動水を管壁に衝突させて攪拌混合を起こさせるかにかかっている。

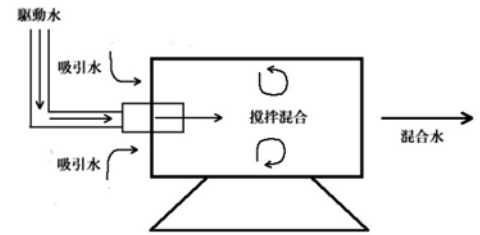


図-1 ジェットポンプ式流動装置の原理

既往の研究により、混合管は漸縮型よりも円筒型の方が流動性能が良く、駆動水の十分な攪拌混合には、混合管の管長 $l$ は管径 $d$ との比で5~6倍以上必要であることが明らかになっている。しかし、この $l/d > 5$ という条件は、実スケールでは装置の巨大化が懸念される。そこで、本研究では、混合管の管長の必要長さの短縮を念頭に置いて、①混合管途中に縮小管の挿入、②混合管内に障害物の設置、③ノズル形状の変化の3点について、攪拌混合・吸引性能の向上の可能性について実験的に検討を行う。

## 2. 混合管の形状

図-2に混合管の形状を示す。すべての実験において、 $l_1=70\text{mm}$ 、 $l_2=100\text{mm}$ 、 $d_a=100\text{mm}$ とする。

管長を変化させる実験では、 $d_b=100\text{mm}$ (縮小部を設けてない)として、 $l=0\sim 1000\text{mm}$ に変化させた混合管で、実験を行った。

①の実験では、 $d_b=50, 65, 75\text{mm}$ 、 $l_3=150, 250, 350, 450\text{mm}$ 、 $l=300, 400, 500, 600, 700, 750, 800, 850\text{mm}$ のそれぞれの混合管で実験を行った。

②の実験では、 $d_b=100\text{mm}$ 、 $l=500\text{mm}$ として、球体(直径 $50\text{mm}$ )、円錐S(底面 $\phi 50\text{mm}$ ×高さ $50\text{mm}$ )、円錐L(底面 $\phi 50\text{mm}$ ×高さ $100\text{mm}$ )、円錐(S+L)、円錐(L+L)を混合管内に設置して実験を行った。

③の実験では、 $d_b=100\text{mm}$ 、 $l=500\text{mm}$ として、ノズル径 $\phi=13\text{mm}$ 、 $16\text{mm}$ 、 $20\text{mm}$ 、 $25\text{mm}$ 、 $30\text{mm}$ 、三つ又のノズル( $\phi=8\text{mm}$ ×3)を使用して実験を行った。

## 3. 実験方法

実験は、幅 $600\text{mm}$ ×長さ $16\text{m}$ の水路に水深 $430\text{mm}$ まで貯水して行った。駆動水の流量 $Q_1$ 、流速 $v_1$ は、駆動水を系外から

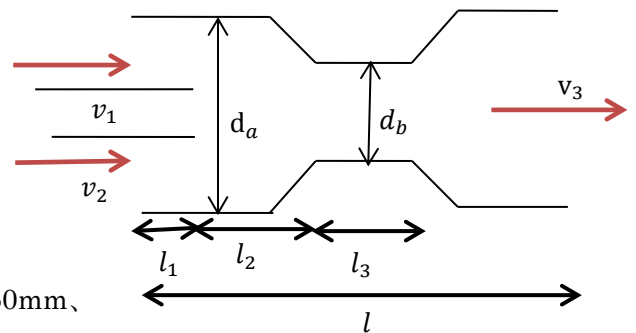


図-2 混合管の形状

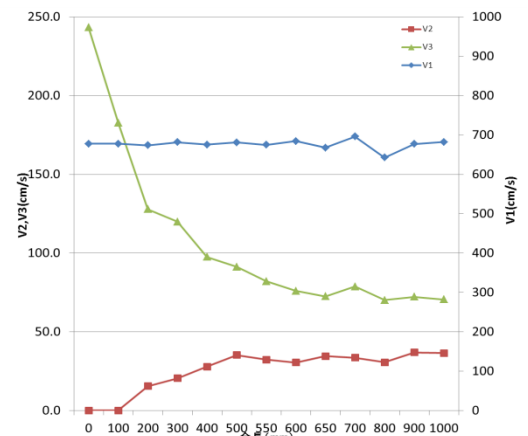


図-3 管長による影響

送水し、水路からの越流量を正確に計測することで求めた。吸引流速 $v_2$ は、混合管の後方20mmの位置、吐出流速 $v_3$ は、混合管の前方100mm位置でそれぞれプロペラ式流速計で計測した。

#### 4. 実験結果

管長 $l$ の変化による流動性能の変化を図-3に示す。この結果から、管長を長くすると吐出流速は徐々に遅くなり、吸引流速は徐々に速くなった。また、管長500mm以降の吐出流速・吸引流速はあまり変化しなくなった。このことより、既往の研究で明らかになっていた、駆動水の十分な攪拌混合のために混合管の管長 $l$ は管径 $d$ との比で5~6倍以上必要ということが確認することもできた。

縮小管の挿入による流動性能の影響を図-4に示す。縮小管の管径が小さいと吐出流速は速くなるが、吸引流速は遅くなる。ただし、管径75mm縮小管では、その影響が見られず、管径100mm管（縮小管無し）よりもむしろ流動性能が良いことが分かる。

管径75mm縮小管の管長の変化による影響を図-5に示す。この結果から流動性能が悪くなる300mm、400mmまでは管長を短くすることができないが、450mm程度までは管長を短くできると考えられる。

混合管内に障害物を設置することによる流動性能の影響を図-6に示す。この結果から、円錐2つをつなぎ合わせて障害物の形状を滑らかに変化させることで、駆動水が流れやすくなると共に、混合管内で十分に攪拌混合することができることが分かる。また、円錐(S+L)に比べ円錐(L+L)の流動性能が悪くなった。これは、円錐(L+L)が長くなるため、管内で十分に攪拌混合させることができなかったからだと考えられる。

障害物を設置した混合管の流速分布を測定した結果を図-7に示す。この結果から、円錐Sや球などのように急に形状が変わると後方に流速の小さい後流域ができるため、管の中心の流速が小さくなる。一方、円錐(S+L)のように形状が漸変する場合は後流域が形成されにくいいため、管の中心の流速が最大となるきれいな流速分布になっており、さらに障害物無し（筒のみ）に近く、障害物設置による損失がほとんど無かったと考えられる。

ノズルの変化による流動性能の影響を図-8に示す。この結果からノズル径が大きくなると吐出流速が速くなり、吸引流速は遅くなるということが分かった。これは、ノズル径が大きいかほどノズル内の損失が小さくなり流量は増えるが、ノズルの存在により吸引面の面積が小さくなってしまいうので吸引しにくくなったためと考えられる。

#### 5. 結論

実験の結果から、最も効率的な流動性能の混合管は、縮小管の管径 $d_b=75\text{mm}$ 、管長 $l=500\text{mm}$ の混合管であった。 $d_b=75\text{mm}$ の混合管では、管長 $l=450\text{mm}$ 程度まで短くすることが可能である。今回の実験で使用した混合管では管内で十分に攪拌混合できたが、損失も大きく流動性能が悪くなってしまったので混合管の形状を工夫することでさらに管長を短くすることができる。

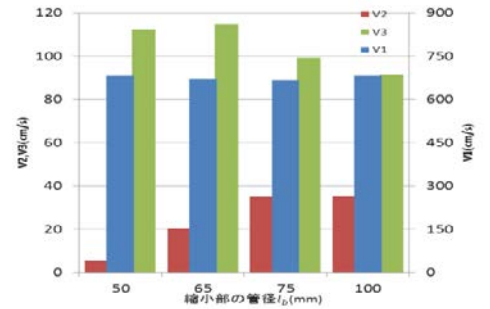


図-4 縮小管の挿入による影響

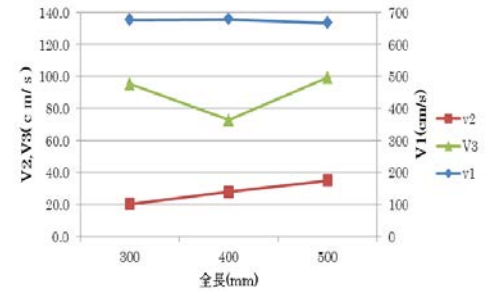


図-5 縮小管管径75mmの管長の変化による影響

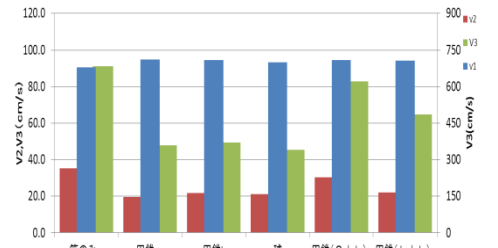


図-6 障害物の設置による影響

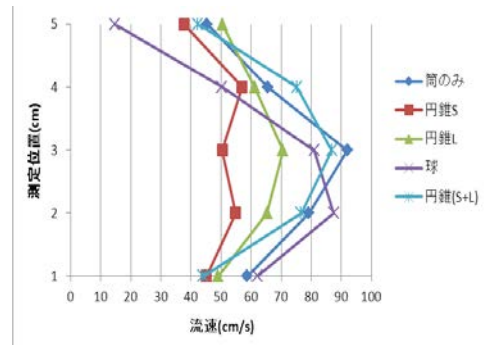


図-7 吐出流速分布

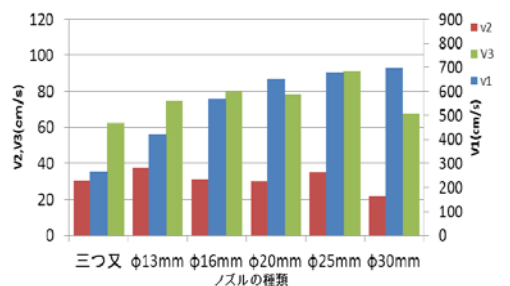


図-8 ノズルの変化による影響